

PENERAPAN METODE *TIME IMPACT ANALYSIS* PADA SEBUAH PROYEK BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT DI SURABAYA

Yonri Tjanlisan¹, Rivan Cuntoro², Paulus Nugraha³,

ABSTRAK : Ketepatan waktu merupakan tujuan utama bagi *owner* maupun kontraktor. Namun keterlambatan tidak dapat dihindari, dan keterlambatan ini dapat mengakibatkan bertambahnya durasi proyek dan biaya proyek yang dikeluarkan. *Delay Analysis* dikembangkan untuk mengatasi keterlambatan. Salah satu metode yang ada yaitu *Time Impact Analysis*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara menganalisa keterlambatan yang terjadi pada sebuah bangunan bertingkat di Surabaya menggunakan metode *Prospective Time Impact Analysis*. Metode ini dilakukan dengan membandingkan *As-Planned Schedule* dengan *Impacted Schedule* yang telah dibuat. Penelitian ini menggunakan *Master Schedule* yang diolah menjadi *As-Planned Schedule* dan *As-Built Schedule* yang dibuat berdasarkan fakta di lapangan. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, didapatkan hasil berupa penambahan durasi pekerjaan, pekerjaan yang mengalami keterlambatan dan hasil ini dapat digunakan untuk proyek yang akan datang sebagai pengalaman. Hasil yang didapatkan kurang maksimal dikarenakan kurangnya data seperti *Site Memo*, *Critical Path Method* (CPM), dan *Master Schedule* yang diberikan kurang detail.

KATA KUNCI : analisa, *time impact analysis*, keterlambatan

1. PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan proyek, ketepatan waktu merupakan tujuan utama bagi pemilik dan juga kontraktor. Keterlambatan pelaksanaan proyek umumnya selalu menimbulkan akibat yang merugikan baik bagi pemilik maupun kontraktor, karena dampak keterlambatan adalah konflik dan perdebatan tentang yang menyebabkan keterlambatan, pihak yang menyebabkan keterlambatan, dan juga tuntutan waktu dan biaya tambahan. Keterlambatan dalam konstruksi juga dapat menyebabkan sejumlah perubahan dalam proyek seperti penyelesaian jadwal proyek, kehilangan produktivitas, percepatan, kenaikan biaya, dan pemberhentian kontrak (Arditi and Pattanakitchamroon, 2006). Akibat keterlambatan proyek yang terjadi maka muncul banyak metode yang dikembangkan, salah satunya adalah metode *Time Impact Analysis* (TIA). Pada metode *Time Impact Analysis* (TIA) terdapat 2 jenis prosedur kerja yaitu, *Prospective* dan *Retrospective*. Prosedur *Time Impact Analysis Prospective* adalah prosedur “*Forward-Looking*” dan prosedur *Time Impact Analysis Retrospective* merupakan prosedur yang berdasarkan *real-time*, kedua prosedur *Time Impact Analysis* bertujuan untuk menghubungkan *Critical Path Method* (CPM) dengan analisis keterlambatannya (Barba, 2005). Dalam penerapannya *Time Impact Analysis* membutuhkan input data proyek berupa *As-Planned Schedule*, *As-Built Schedule*, *Site Memo*, dan *Critical Path Method* (CPM) agar saat menerapkannya dapat serupa dengan kondisi proyek pada periode tersebut.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, yonritjanlisan95@gmail.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, crivan46@gmail.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, pnugraha@petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

Setiap proyek konstruksi mempunyai rencana pelaksanaan dan jadwal pelaksanaan yang tertentu. Keterlambatan pelaksanaan proyek umumnya selalu menimbulkan akibat yang merugikan baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor, karena dampak keterlambatan adalah konflik dan perdebatan tentang apa dan siapa yang menjadi penyebab, juga tuntutan waktu dan biaya tambahan (Proboyo, 1999). Menurut Kraiem dan Dickmann yang dikutip dari Budiman Proboyo (1999), penyebab keterlambatan dikategorikan dalam 3 kelompok besar yaitu, *Compensable Delay*, yakni keterlambatan yang disebabkan oleh tindakan, kelalaian atau kesalahan pemilik proyek. *Non-Excusable Delay*, yakni keterlambatan yang disebabkan oleh tindakan, kelalaian atau kesalahan kontraktor. *Excusable Delay*, yakni keterlambatan yang disebabkan oleh kejadian-kejadian diluar kendali pemilik proyek maupun kontraktor. Keterlambatan kerja dapat diselesaikan menggunakan *Delay Analysis Techniques (DATs)*. Tujuan delay analysis adalah untuk menghitung keterlambatan proyek dan bekerja mundur dan mencoba mengidentifikasi berapa banyak orang yang dapat dikaitkan kepada masing-masing pihak sehingga kompensasi waktu maupun biaya bisa diputuskan. Teknik DATs dapat dikelompokkan berdasarkan teknik berbasis metode *non-Critical Path Method (CPM)* dan berbasis CPM. Teknik yang paling umum adalah *As-Planned vs As-Built Method*, *Impact As-Planned Method*, *Collapsed As-Built Method*, *Windows Analysis*, dan *Time Impact Analysis*.

Pandangan beberapa peneliti yang mempublikasikan tentang standar metode *Delay Analysis* di tahun 1987-2004 dapat dilihat pada **Gambar 1**. Bisa dilihat pendapat para ahli tentang *Time Impact Analysis* bahwa *Time Impact Analysis* paling akurat, efektif dan bisa diandalkan dibandingkan dengan metode lainnya. Pendapat - pendapat ini diperoleh dari berbagai sumber, termasuk 19 makalah dan 3 buku tentang konstruksi. Artikel dan buku ini membahas tentang metode kerja berdasarkan pertimbangan teoritis dan praktis. Tanggapan terhadap metode ini bervariasi. Tanggapan para ahli ini dibuat berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari masing – masing metode *Delay Analysis*.

Comments compiled from the literature (1987–2004)

References	Delay analysis methods			
	As-planned vs. as-built method	Impact as-planned method	Collapsed as-built method	Time impact method
Sandlin et al. [28]	N/A	Spurious results	Erroneous evaluation	Overcomes some disadvantages of others
Lovejoy [25]	Fair	Good	Excellent	Very good
Sgarlata and Brasco [19]	Worthy method	N/A	Most acceptable by courts	Useful for prospective analyses, but minimal utility supporting claims
Gothand [23]	Major drawbacks	Major drawbacks	Major drawbacks	Reliable
SCL [5]	Simple, limited	Simple, limited	Suitable for some situations, subjective	Most reliable when available
Harris and Scott [24]	Least popular	N/A	Fair, most accepted	Make some use by claims consultants
Zack [4]	Critical flaws	Critical flaws	Unreliable, easy to manipulate	Accurate but expensive
Stumpf [22]	Can be challenged	Easy to prepare, fundamental flaws	Easy to prepare, fundamental flaws	Reliable, but time consuming
Fruchtman [2]	Reliable	Simple, limited	No baseline needed, limited	Contemporaneous basis, but no future changes considered
Finke [26,27]	N/A	Less reflective of actual events	Less reflective of actual events	Most reasonable and accurate
Zack [21]	Unreliable	Many flaws, widely discarded	Suitable	Suitable
McCullough [20]	Not acceptable	Not acceptable	Useful in some situations but easy to manipulate	Dependent on baseline schedule, accurate
Bubshait and Cunningham [30,31]	Acceptable, dependent on availability of data	Acceptable, dependent on availability of data	Acceptable, dependent on availability of data	Acceptable, dependent on availability of data
Levin [1]	N/A	Simple, consistently rejected by courts	Dependent on quality of as-built schedule	Dependent on how the method is applied
Alkass et al. [32]	N/A	Some major problems	Sound, but ignores changes of critical paths	Some drawbacks/propose modified method
Zafar [18]	Reliable	Fault analysis	Fault analysis	N/A
Schumacher [33]	N/A	Potential shortcoming, one-sided analysis	Overcome some shortcomings	Effective method
Baram [29]	Dependent on	Dependent on	Most practical in some circumstances	Most desirable approach
Wickwire et al. [3]	N/A	"Great lie"	Alive and well	Recommended
Bramble and Callahan [34]	Acceptable, dependent on availability of data	Acceptable, dependent on availability of data	Acceptable, dependent on availability of data	N/A

Gambar 1. Pandangan Peneliti terhadap *Delay Analysis Methods* pada Tahun 1987-2004.
Sumber : (Arditi and Pattanakitchamroon, 2006)

2.1 Time Impact Analysis (TIA)

Time Impact Analysis adalah suatu metode analisa keterlambatan yang paling akurat dibandingkan dengan metode - metode lainnya. Metode ini berfokus pada keterlambatan yang sudah terjadi ataupun sedang terjadi, tetapi bukan pada periode keterlambatannya melainkan terhadap kejadian yang menyebabkan keterlambatan tersebut (Bramah, 2013). Dalam melakukan analisa *Time Impact Analysis* yang bersifat *Prospective*, terdapat 7 prosedur yang harus dilakukan:

- (1) Menentukan *As-Planned Schedule* yang digunakan;
- (2) Membuat *As-Built Schedule*;
- (3) Menentukan tanggal dimulainya keterlambatan/aktivitas perubahan;
- (4) Memasukan aktivitas keterlambatan dalam bentuk *fragnet*;
- (5) Menggabungkan *fragnet* dengan jadwal *As-Built* untuk mendapatkan *Impacted Schedule*;
- (6) Memprediksikan durasi aktivitas keterlambatan;
- (7) Meninjau hasil analisa.

3. METODE PENELITIAN

Studi literatur merupakan sumber informasi beserta penjelasan yang berhubungan dengan topik penelitian. Dalam studi literatur dijelaskan data apa saja yang dibutuhkan untuk menganalisa menggunakan *Prospective Time Impact Analysis* dan tahapan – tahapannya. Sumber informasi yang didapatkan dari studi literatur akan digunakan sebagai panduan untuk melakukan metode *Prospective Time Impact Analysis*. Sumber studi literatur diperoleh dari buku, jurnal dan internet. Sumber data yang digunakan: (1) *Master Schedule*; (2) *Site Memo*. Kami akan melakukan pengelolaan data – data yang diperoleh dengan menggunakan metode *Prospective Time Impact Analysis*. Jadwal yang telah diberikan masih berupa *Master Schedule* yang perlu diolah menjadi *As-Planned Schedule*. Kemudian *As-Planned Schedule* diolah lagi menjadi *Critical Path Method* (CPM). *As-Built Schedule* dibuat berdasarkan data lapangan dan data yang diberikan dari pihak kontraktor. Setelah CPM dibuat, dilakukan analisa akan mendapatkan hasil berupa:

- (1) Mendapatkan penambahan waktu yang didasari oleh 3 jenis keterlambatan;
- (2) Menentukan pihak yang lebih bertanggung jawab untuk menentukan kompensasi keterlambatan;
- (3) Cara mengantisipasi kesulitan yang dihadapi saat menerapkan *Prospective Time Impact Analysis*.

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Obyek Penelitian

Pada penelitian ini dilaksanakan analisa keterlambatan proyek dengan menggunakan metode *Prospective Time Impact Analysis* pada salah satu proyek bangunan gedung bertingkat di Surabaya. Luas bangunan proyek tersebut adalah $\pm 65.000 \text{ m}^2$ dan dibangun pada lahan seluas $\pm 5.670 \text{ m}^2$. Pelaksanaan konstruksi ini dikerjakan kontraktor utama dengan bantuan beberapa subkontraktor dan diawasi oleh *owner* selaku konsultan pengawas. Proses pelaksanaan konstruksi dimulai pada bulan Februari 2016 dan direncanakan selesai pada Agustus 2017 bila proyek tidak mengalami keterlambatan. Penelitian ini dilaksanakan saat proyek belum selesai dan mengalami keterlambatan.

4.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

4.2.1. Pengumpulan Data

Data pertama yang diperoleh adalah *master schedule* yang telah di-*reschedule* oleh kontraktor utama dan telah disetujui oleh *owner* selaku konsultan pengawas. *Master Schedule*. Terdapat informasi jenis pekerjaan, durasi pekerjaan struktur, waktu pekerjaan dimulai dan waktu pekerjaan selesai. *Master*

Schedule yang diberikan memiliki data yang terbatas, karena pihak kontraktor tidak ingin memberikan informasi secara keseluruhan. Hal ini dikarenakan ada beberapa informasi yang tidak boleh diketahui oleh pihak luar.

4.2.2. Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data *Master Schedule*, kemudian data diolah menjadi *As-Planned Schedule* dengan menggunakan program *Microsoft Project*.

4.3. Pembuatan *As-Planned Schedule*

As-Planned Schedule dibuat berdasarkan *Master Schedule*. Kami mengambil data dari *Master Schedule* berupa jenis pekerjaan, durasi pekerjaan, waktu pekerjaan dimulai dan waktu pekerjaan selesai. Kemudian data ini akan disesuaikan dengan data – data dari pihak kontraktor agar bisa sesuai dengan yang dimiliki oleh pihak kontraktor.

4.4. Analisa *Critical Path Method* (CPM)

Setelah *Master Schedule* diolah menjadi data *As-Planned Schedule*, data tersebut digunakan untuk membuat jaringan *Critical Path Method* (CPM). Jaringan ini dibuat untuk membantu mengidentifikasi pekerjaan yang membutuhkan tambahan waktu ataupun mengalami percepatan, serta melihat hubungan pekerjaan yang ada. *Critical Path Method* (CPM) diperlukan pada analisa keterlambatan sebagai tolak ukur agar dapat menjadi penentu keterlambatan pekerjaan dalam proyek.

4.4.1. Pembuatan *Critical Path*

Critical Path dibuat menggunakan *Microsoft Project* dengan memasukkan data dari *As Planned Schedule* yang telah dibuat. Berikut langkah kerja pembuatan *Critical Path*:

- a. Proses 1: Mengecek *project information* pada *toolbar project*. Lalu mengatur *start date* dari proyek.
- b. Proses 2: Setelah *project information* diatur, kita perlu mengatur waktu pekerja *real time* dari proyek. Dalam *working time* ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu hari libur pekerja dan jam kerja pekerja. Pada tahap ini data yang dikumpulkan harus sesuai dengan data asli karena akan berpengaruh pada seluruh data pekerjaan.
- c. Proses 3: Setelah *project information* dan *working time* telah diatur, masukkan data berupa *asplanned* yang terdiri dari durasi *start* dan *finish*
- d. Proses 4: Setelah *asplanned* selesai, perlu pengaturan
- e. Proses 5: Menentukan hubungan setiap aktivitas dengan menggunakan *predecessor* yang tepat.
- f. Proses 6: Menentukan *free slacks* dari masing – masing aktivitas.
- g. Proses 7: Setelah melakukan ke-6 proses di atas, kita dapat melihat hasil berupa *network-diagram* atau disebut dengan *Critical Path*.

4.4.2. Pembuatan *Critical Path*

Dalam penggunaannya, *Critical Path* digunakan untuk mengikat pekerjaan sebelum dengan pekerjaan setelahnya, namun dalam penggunaan *Critical Path Method* pada *Time Impact Analysis* ini dibandingkan dengan data aktual sehingga dapat dilihat keterlambatan yang terjadi pada pekerjaan dan melakukan prediksi terhadap durasi keterlambatan, yang kemudian prediksi ini dapat digunakan untuk menentukan waktu tambahan yang diperlukan dan waktu tambahan ini dapat dikategorikan pada jenis – jenis *delay*. Selain itu prediksi yang telah didapatkan dapat digunakan sebagai pengalaman untuk pekerjaan yang akan datang.

4.5. Pembuatan *As-Built Schedule*.

Selain data *As-Planned Schedule*, ada pula data *As-Built Schedule* yang perlu diperoleh dari proyek, data *As-Built Schedule* yang didapatkan berupa hasil pengamatan sendiri selama 2 bulan melakukan praktek kerja, pengumpulan data dari pihak kontraktor sendiri, dan jadwal pengecoran mingguan. Jadwal pengecoran yang didapatkan berisi jadwal pengerjaan dari awal proyek hingga pada tanggal 7 Oktober 2017. Dari hasil pengamatan penulis, data yang didapatkan cukup banyak sehingga dapat menentukan durasi dari setiap pekerjaan struktur beton yang kemudian dikoreksi oleh pihak kontraktor agar mendapatkan durasi.

4.6. Pengumpulan Data *Site Memo*.

Penelitian dilanjutkan dengan pengumpulan data *Site Memo* yang akan digunakan untuk mengetahui penyebab keterlambatan yang terjadi di lapangan. *Site Memo* berisikan laporan mengenai kegiatan harian di lapangan yang dibuat oleh pihak pengawas maupun pihak kontraktor. Pada proses pengumpulan, data *Site Memo* yang diberikan oleh pihak kontraktor hanya berisikan 3 *Site Memo* karena ada beberapa hal yang tidak boleh diketahui oleh pihak luar. Melalui *Site Memo* dapat dilakukan pengamatan mengenai kegiatan yang dapat menghambat pekerjaan, seperti keterlambatan pengiriman material bangunan dan kerusakan yang menyebabkan pekerjaan harus diulang. Tentunya hambatan-hambatan yang ditemui pada *Site Memo* ini dapat menyebabkan perselisihan antar pihak pengawas dan pihak kontraktor, dan juga dapat menyebabkan keterlambatan pada proyek bila tidak ditindak-lanjuti dengan segera.

4.7. Pengolahan Data dengan Metode *Prospective Time Impact Analysis*.

Penelitian kali ini memanfaatkan metode *Prospective Time Impact Analysis* untuk mempelajari penyebab keterlambatan yang terjadi pada proyek tersebut. Pengolahan data dengan metode *Prospective Time Impact Analysis* dapat dijalankan bila data – data yang diperlukan sudah lengkap. Proses pengerjaan *As-Planned Schedule* dan *As-Built Schedule* menggunakan *Microsoft Project* berdasarkan kondisi dari *input* data yang didapatkan dan kondisi *realisasi* proyek secara nyata sehingga pembagian *Window* diambil selama 4 minggu per *Window*-nya agar dapat dibuat penambahan pada tiap *Window*-nya. Tahapan analisa meliputi :

- 1.) Menentukan durasi dimulainya keterlambatan
- 2.) Memasukkan aktivitas keterlambatan dalam bentuk *fragnet*
- 3.) Menggabungkan *fragnet* dengan jadwal *As-Built Schedule* untuk mendapatkan *Impacted Schedule*
- 4.) Memprediksikan durasi aktivitas keterlambatan
- 5.) Meninjau hasil analisa

Tahapan analisa yang telah dikerjakan terjadi pengurangan pada langkah kerja, karena salah satu langkah kerja tersebut telah terlaksana pada saat pengumpulan data. Langkah kerja yang terlaksana tersebut adalah data yang didapatkan sudah termasuk dalam langkah kerja lainnya sehingga tidak perlu dilakukan lagi. Berikut penjelasan mengenai proses tahapan analisa yang dilakukan dengan *input As-Planned Schedule, As-Built Schedule, Site Memo*, penelitian lapangan dan hasil dari pembuatan *Critical Path Method*.

- 1.) Langkah 1: Menentukan durasi dimulainya keterlambatan.
- 2.) Langkah 2: Memasukkan aktivitas keterlambatan dalam bentuk *fragnet*
- 3.) Langkah 3: Menggabungkan *fragnet* dengan jadwal *As-Built Schedule* untuk mendapatkan *Impacted Schedule*
- 4.) Langkah 4: Memprediksikan durasi aktivitas keterlambatan
- 5.) Langkah 5: Meninjau hasil analisa

Pada **Tabel 1** untuk penamaan *Windows* dan pada **Tabel 2** dapat dilihat penambahan waktu pada setiap *Window*. Kemudian dari tiap *Window* dibagi menjadi 3 macam jenis *delay*

Tabel 1. Penamaan Windows

<i>START</i>	<i>END</i>	<i>WINDOW</i>	<i>START</i>	<i>END</i>	<i>WINDOW</i>
1-2-2016	28-2-2016	<i>Window 1</i>	4-12-2016	1-1-2017	<i>Window 12</i>
28-2-2016	27-3-2016	<i>Window 2</i>	1-1-2017	29-1-2017	<i>Window 13</i>
27-3-2016	24-4-2016	<i>Window 3</i>	29-1-2017	26-2-2017	<i>Window 14</i>
24-4-2016	25-5-2016	<i>Window 4</i>	26-2-2017	26-3-2017	<i>Window 15</i>
25-5-2016	19-6-2016	<i>Window 5</i>	26-3-2017	23-4-2017	<i>Window 16</i>
19-6-2016	17-7-2016	<i>Window 6</i>	23-4-2017	21-5-2017	<i>Window 17</i>
17-7-2016	14-8-2016	<i>Window 7</i>	21-5-2017	18-6-2017	<i>Window 18</i>
14-8-2016	11-9-2016	<i>Window 8</i>	18-6-2017	16-7-2017	<i>Window 19</i>
11-9-2016	9-10-2016	<i>Window 9</i>	16-7-2017	13-8-2017	<i>Window 20</i>
9-10-2016	6-11-2016	<i>Window 10</i>	13-8-2017	10-9-2017	<i>Window 21</i>
6-11-2016	4-12-2016	<i>Window 11</i>	10-9-2017	7-10-2017	<i>Window 22</i>

Tabel 2. Pembagian Jenis Delay

<i>WINDOW</i>	<i>Time Extension (Days)</i>	<i>Jenis Delay</i>		
		<i>Non-Excuseable Delay</i>	<i>Compensable Delay</i>	<i>Excusable Delay</i>
<i>Window 1</i>	0	-	-	-
<i>Window 2</i>	0	-	-	-
<i>Window 3</i>	0	-	-	-
<i>Window 4</i>	4	√	-	-
<i>Window 5</i>	26	√	√	-
<i>Window 6</i>	15	√	-	-
<i>Window 7</i>	28	√	-	-
<i>Window 8</i>	28	√	-	-
<i>Window 9</i>	28	√	-	-
<i>Window 10</i>	28	√	-	-
<i>Window 11</i>	0	-	-	-
<i>Window 12</i>	1	√	-	-
<i>Window 13</i>	0	-	-	-
<i>Window 14</i>	28	√	√	-
<i>Window 15</i>	28	√	√	-
<i>Window 16</i>	28	√	-	-
<i>Window 17</i>	26	√	-	-
<i>Window 18</i>	28	√	-	-
<i>Window 19</i>	-8	-	-	-
<i>Window 20</i>	8	√	-	-
<i>Window 21</i>	28	√	-	-
<i>Window 22</i>	28	√	-	-

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa keterlambatan dengan metode *Prospective Time Impact Analysis* pada salah satu proyek bangunan gedung bertingkat di Surabaya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *Prospective Time Impact Analysis* yang diterapkan mendapatkan hasil berupa penambahan waktu yang diperlukan kontraktor akibat keterlambatan, mengetahui aktivitas yang memerlukan penambahan waktu pengerjaan, mengetahui penyebab keterlambatan, dan mendapat data dari keterlambatan aktivitas sehingga dapat digunakan untuk kedepannya.
2. Hambatan yang ditemukan dalam proses analisa keterlambatan menggunakan *Prospective Time Impact Analysis* antara lain kurangnya data yang didapatkan seperti, *Site Memo*, detail aktivitas, detail realisasi, terbatasnya waktu sehingga pada penginputan *Critical Path Method* (CPM) kurang akurat.

6. DAFTAR REFERENSI

- Arditi, D., and Pattanakitchamroon, T. (2006). "Selecting a Delay Analysis Method in Resolving Construction Claims." *International Journal of Project Management*, 24(2), 145–155.
- Barba, E. M. (2005). "Prospective and Retrospective Time Impact Analysis." *Construction Briefings*.
- Braimah, N. (2013). *Construction Delay Analysis Technique-Areview of Application Issue and Improvemeent Needs*. Civil Engineering Department, School of Engineering and Design, Brunel University, Uxbridge.
- Proboyo, B. (1999). "Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek: Klasifikasi dan Peringkat dari Penyebab-penyebabnya". *Dimensi Teknik Sipil*. Volume 1, No. 1 Maret 1999.